

УДК 621.792.8

А.А. СВЯТУХА, канд. техн. наук, доц., УИПА, г. Харьков

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ДЕТАЛЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ, СОБРАННЫМИ ТЕПЛОВЫМ МЕТОДОМ С РАЗЛИЧНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

У роботі розглядається вплив матеріалу деталей з'єднань з натягом, які зібрані тепловим методом з різними покриттями на їх міцність і якість. Зокрема проведені дослідження нерухомих з'єднань, у яких вал виготовлений із сталі, а втулка із чавуну. В результаті досліджень даються рекомендації щодо оптимального виду покриттів, які забезпечують відповідну міцність і якість таких з'єднань.

В работе рассматривается влияние материала деталей соединений с натягом, которые собраны тепловым методом с разными покрытиями, на их прочность и качество. В частности, проведены исследования неподвижных соединений, в которых вал изготовлен из стали, а втулка из чугуна. В результате исследований даются рекомендации относительно оптимального вида покрытий, которые обеспечивают соответствующую прочность и качество таких соединений.

Постановка проблемы. Использование покрытий на валу в виде вязких композитных смесей из мелкодисперсных металлических порошков при сборке его с нагретой охватывающей деталью способствует существенному повышению прочности и качества соединений по сравнению с обычной тепловой сборкой без покрытия, либо с другими видами известных покрытий (гальваническими, лаковыми и др.) [1].

Кроме того, в случае необходимости соединение можно разобрать распрессовкой, не вызывая повреждений посадочных поверхностей сопряженных деталей. Это позволяет повторно использовать разобранные детали без дополнительной механической обработки. Следует отметить, что в результате фрикционного осаждения материалов композитной смеси на сопрягаемых поверхностях при распрессовке, повторные сборки во многих случаях осуществлялись без дополнительного нанесения покрытий.

Известно, что большая часть проведенных исследований по установлению прочности и качества собранных с натягом соединений осуществлялась для деталей из однородных материалов: стальной вал-стальная втулка.

Однако во многих случаях изготовление сопряженных с натягом деталей осуществляется из разнородных материалов. Большое распространение в машиностроении получили соединения из стальной охватываемой детали (вала) и чугунной охватывающей (втулка). Значение коэффициента трения в этих соединениях существенно зависит от строения и количества свободного графита в чугуне. Как известно из структуры строения графита [2] атомы углерода располагаются в нём в виде параллельных плоских слоёв, которые отстоят друг от друга на расстоянии 3,40А. При этом атомы углерода в каждой плоскости располагаются в правильный гексагональный ряд с расстоянием между собой равным 1,42А. Прочность связи атомов каждого слоя намного больше прочности связи атомов между соседними слоями. Эта особенность строения графита позволила выдвинуть на основании открытия В.Брега [3] так называемую структурную теорию, объясняющую смазывающую способность графита относительно малой механической прочностью связи между атомами слоёв. Происходящее при трении скольжение графита

вдоль этих слоёв способствует значительному уменьшению фрикционности сопряжённых деталей. Этим во многом и объясняется более низкий коэффициент трения для соединений стальной вал-чугунная втулка по сравнению с аналогичными соединениями стальной вал-стальная втулка. Причём с увеличением контактных давлений в соединении коэффициент трения несколько уменьшается.

В связи с этим прочность соединений с чугунной охватывающей деталью, собранных тепловым методом без покрытий в 3-3,5 раза ниже аналогичных соединений со стальной охватывающей деталью. Поэтому повышение несущей способности указанных соединений является необходимым условием надёжной, качественной и безопасной работы узла.

Изложение основного материала. Для повышения прочности соединений с натягом стальной вал-чугунная втулка исследовались различные вязкие композитные покрытия из мелкодисперсных металлических порошков разведённых в глицерине, полиметилсилоксановой жидкости типа ПМС-60, а также покрытия на основе раствора жидкого стекла.

Для сравнительной оценки прочности скрепления деталей при тепловой сборке использовались образцы, представленные на рис. 1

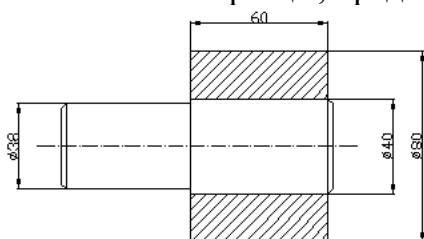


Рис.1- Образцы для проведения сравнительных испытаний

меди, разведённых в глицерине в соотношении объёмов 1:0,12:0,12 [4], а также покрытие на основе раствора жидкого стекла [5].

Натяги в соединениях для всех образцов составляли $\delta = 0,035$ мм. Температура нагрева втулок находилась в пределах 250 – 300°C. Расчёт температуры осуществлялся по формуле:

$$T = \frac{\delta + h + \Delta_{сб}}{\alpha \cdot d} + T_0, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где δ - натяг в соединении, мм; h - толщина покрытия, принятая равной удвоенному размеру частиц металлических порошков смеси; $\Delta_{сб}$ - сборочный зазор, определяемый зависимостью $0,01 \sqrt{d}$, где d - диаметр сопряжения, мм; α - коэффициент линейного расширения $(12,1-13,6) \cdot 10^{-6}$; T_0 - температура окружающей среды, °C.

Покрытия наносились на вал непосредственно перед сборкой его с нагретой втулкой. Распрессовка соединений производилась после естественного охлаждения их до температуры окружающей среды с записью диаграммы.

Диаграммы распрессовки и графики прочности соединений с некоторыми покрытиями приведены на рис. 2.

Материалы валов испытываемых образцов изготовлены из нормализованной стали 45; втулки – из высокопрочного чугуна марки ВЧ 42-12. Исходная шероховатость сопрягаемых поверхностей деталей $R_a=2,5$. В качестве покрытий вала использовались композитная смесь из мелкодисперсных металлических порошков алюминия и

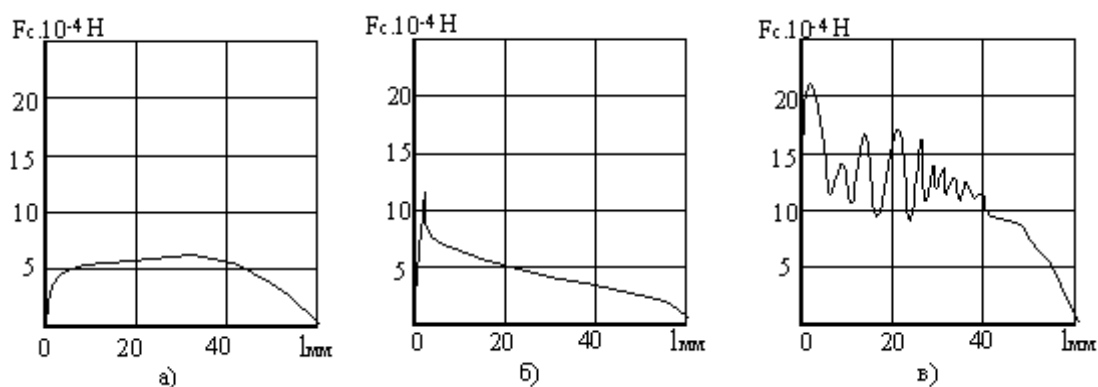


Рис.2- Диаграммы распрессовок соединений стальной валчугунная втулка, собранных с различными покрытиями: а) без покрытия; б) глицерин + Al + Cu; в) покрытие на основе раствора жидкого стекла.

Из анализа диаграмм следует, что композитная смесь глицерина с мелкодисперсными порошками алюминия и меди позволяет повысить прочность скрепления деталей в 1,4-1,8 раза по сравнению с обычными тепловыми без покрытия. При этом после распрессовки соединения с такими покрытиями на посадочных поверхностях сопряжённых деталей не наблюдалось каких-либо повреждений (задиры, риски, царапины), что позволяет использовать распрессованные детали повторно без дополнительной обработки. К тому же повторную сборку можно производить без нанесения покрытия. Это связано с тем, что после распрессовки на посадочных поверхностях в результате фрикционного осаднения внедрённых в микронеровности пластичных компонентов покрытия существенно увеличивается площадь контакта поверхностей, которая является одним из главных параметров прочности скрепления деталей соединённых с натягом.

При повторной тепловой сборке соединений из распрессованных деталей и последующей распрессовки усилие срыва практически не уменьшилось по сравнению с первой распрессовкой.

После распрессовки соединений, собранных тепловым методом без покрытий посадочные поверхности имели глубокие задиры, приводящие в негодность обе детали распрессованного соединения.

Значительное повышение прочности скрепления деталей наблюдается в соединениях, где в качестве покрытий вала при тепловой сборке использовался раствор жидкого стекла, обладающий после застывания высоким коэффициентом трения порядка 0,9. Помимо высокого коэффициента трения жидкое стекло обладает хорошей текучестью и способностью несколько увеличиваться в объёме при застывании (кристаллизации). Проникая во все микропустоты затвердевшее стекло может разрывать окисные плёнки, вызывая при взаимном давлении сопряжённых поверхностей втулки и вала холодную микросварку по вершинам шероховатостей. Сочетание высокого коэффициента трения с наличием мостиков микросварки создаёт прочную связь между сопряжёнными с натягом деталями.

Из графиков усилий срыва (рис.2, в) видно, что прочность с таким покрытием в 4,2 раза выше прочности обычных тепловых без покрытий и в 2,1 раза выше чем с покрытием композитной смесью. При этом повреждения посадочных поверхностей деталей при распрессовке значительно меньше, чем в соединениях собранных без покрытий. Это можно объяснить тем, что образующаяся тонкая плёнка кремнезёма, в случае применения раствора жидкого стекла, внедряясь в поверхность чугунной втулки, образует своего рода наждачный инструмент, который несмотря на значительную фрикционность не повреждает сопрягаемые поверхности, а как бы шаржирует их.

Кроме глицерина представляет интерес использование в качестве связующего материала мелкодисперсных порошков полиметилсилоксановой жидкости типа ПМС-60 ГОСТ 13032-67, которая представляет собой смесь полимеров линейного и разветвлённого строения, содержащих 35,5-38,5% растворённого кремния. Коллоидный раствор кремния в ПМС увеличивает коэффициент трения между сопряжёнными поверхностями деталей неподвижных соединений, обуславливая, тем самым, возможность повышения их статической прочности.

С этой связующей жидкостью использовались мелкодисперсные металлические порошки меди и алюминия, а также однокомпонентные порошки никеля Ni, окиси титана TiO₂.

Сравнительные результаты усилий срыва на прочность соединений в зависимости от натяга, собранных тепловым методом с различными покрытиями, где в качестве охватываемой детали был стальной вал, а в качестве охватывающей чугунная втулка представлены на графике (рис.3).

Выводы. Предложенные вязкие композитные покрытия для соединений с натягом стальной вал-чугунная втулка, собираемые тепловым методом оказывают существенное влияние на повышение прочности и качества собранных соединений по сравнению с обычными тепловыми без покрытий. При этом в зависимости от материала мелкодисперсных порошков и связующего материала можно получать соединения с необходимыми эксплуатационными свойствами.

Для соединений, требующих периодической разборки наиболее оптимальным является покрытие на основе глицерина включающее мелкодисперсные порошки меди и алюминия. Использование такого покрытия позволяет повысить прочность в 1,7-1,9 раза против обычных тепловых и сохранить после распрессовки высокое качество сопряжённых поверхностей деталей пригодных для повторного использования. Для соединений, главным условием которых является высокая прочность может быть использовано покрытие на основе раствора жидкого стекла.

Список литературы: 1.Кравцов М.К., Святуха А.А., Чернов В.В. Промежуточные среды в соединениях с натягом. -Харьков: Изд-во Штрих. 2001.-200. 2. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твёрдых тел. М. Маш-е. 1968, 543с. 3. Bragg W. Introduction to Grystal Analysik. Bell a Sons, 1948, р. 64. 4. А.с. № 474421 (СССР). Способ соединения деталей. Андреев Г.Я., Святуха А.А., Белостоцкий В.А. – Оpubл. в Б.И. 1975, №23. 5. А.с. № 1232453 (СССР). Способ сборки деталей с натягом. Святуха А.А., Кравцов М.К., Любов В.А. – Обубл. в Б.И. 1984, №19.

УДК 621.311.25

В.М. ЧИЖИКОВА, асп., УИПА, г. Харьков

Р.М. ТРИЩ, докт. техн. наук, зав. кафедрой, УИПА, г. Харьков

С.М. ПОЛИЩУК, канд. техн. наук, доц., УИПА, г. Харьков

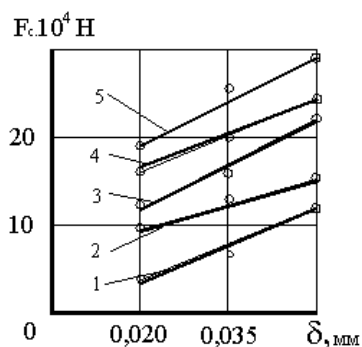


Рис.3 – График изменения усилия срыва от натяга для соединений стальной вал-чугунная втулка с различными покрытиями: 1) – тепловые без покрытия; 2) – тепловые с покрытием глицерин+Cu+Al; 3) – тепловые с покрытием ПМС+TiO₂; 4) – тепловые с покрытием ПМС+Ni; 5) – тепловые с покрытием раствором жидкого стекла.